

数学イノベーション委員会報告書に盛り込むべき内容とその背景 (案)

中間報告(平成24年8月)	新たに報告書に盛り込むべき内容	新たに盛り込む内容の背景
<p>I. 数学イノベーションが必要とされる背景</p> <p>I-1 数学イノベーションの必要性</p> <p>(1) これまでに数学が果たしてきた役割</p> <p>(2) 社会の情報化・複雑化の進展に伴う数学の重要性の高まり</p> <p>(3) 諸外国における状況</p> <p>(4) 我が国における状況</p> <p>①数学と諸科学・産業との協働の遅れ</p> <p>②数学と諸科学・産業との協働に向け</p>	<p>○社会的要因</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 社会の情報化、計測技術の進歩により、ビッグデータの入手が可能に ・ 社会の複雑化により、複雑な現象や問題が増加(各分野固有のモデル化だけでは不十分) ・ 数学が用いられる分野(CG、暗号等)の重要性向上 <p>○技術的要因</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 計算機性能の飛躍的向上、ソフトウェアの発達に伴い、より複雑なモデル化が可能に ・ 従来応用とは縁が遠かった数学分野(整数論、位相幾何学等)でも応用が見られるようになってきている <p>○諸科学・産業との協働に向けた取組</p>	<p>数学の重要性が社会的にも技術的にも高まっていることを明らかにするためには、社会的要因と技術的要因に分けて整理する必要がある。</p> <p>○中間報告以降に政府や学協会等が</p>

中間報告(平成 24 年 8 月)	新たに報告書に盛り込むべき内容	新たに盛り込む内容の背景
<p>た取組</p> <p>③数学への期待の高まり</p> <p>④組織的な協働の必要性</p> <p>(5) 数学イノベーションの必要性</p> <p><u>I-2 数学イノベーションの効果</u></p> <p>(1) 数学イノベーションにより期待される効果</p> <p>① 課題の根源的な解決</p> <p>② 数学そのものへの刺激、発展</p> <p>③ 研究成果の水平展開と思わぬ応用への広がり</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 数学協働プログラム ・ 戦略創造 数学協働・数理モデリング領域 ・ 科研費特設分野研究「連携探索型数理科学」 ・ 数学会等の関連学協会の取組 <p>○他分野プロジェクト等の動向</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 生命動態システム科学推進拠点事業 ・ 戦略創造 ビッグデータ関連領域 	<p>行った新たな取組について記載する必要がある。</p>

中間報告(平成 24 年 8 月)	新たに報告書に盛り込むべき内容	新たに盛り込む内容の背景
	<p>(2) 数学ならではのアプローチ</p> <p>○現象の抽象化のアプローチ（原理やメカニズムの解明、大域構造の抽出等）</p> <p>対象とする現象を抽象化するアプローチでは、その現象の抽象的な数学的構造に着目して現象の背後にある原理やメカニズムを解明することや、対象とする現象の全体像に着目して大域的構造を数理的に抽出すること等が可能となる。この結果、複雑な現象やシステムの「本質」的な部分が明らかになり、変化が生じる前の「兆し」の検出、効率的・効果的な制御、情報の簡略化・圧縮等に貢献することが期待できる。</p> <p>○データ駆動型のアプローチ（データからの有益な情報の抽出）</p> <p>近年の高度情報化社会の進展や計測技術の進歩、計算機性能の向上等に伴い、様々な分野において得られる大量で、多種・多様なデータ（ビッグデータ）を有効に活用することが必要となっている。</p> <p>このような状況の下、対象とする現象のデータからその現象を浮き彫りにする、いわゆるデータ駆動型のアプローチは、ますます重要になっていると言える。このアプローチでは、計測技術の進歩等により大量に得ることができるようになったものの必ずしも十分に活用されていないデータをはじめ、様々</p>	<p>○数学イノベーションを進める上で数学の持つ力や意義を分かりやすく知らせる必要があるため、分散していた記述をアプローチとプロセスという形で整理し、まとめて記述した。</p> <p>○数学ならではのブローチとしては、抽象化のアプローチとデータ駆動型のアプローチとをまとめて記載した。</p> <p>純粋数学を含む数学の様々な専門分野の研究者の参画が必要であることを明らかにするためには、プロセスを明示し、各プロセスにおいて必要とされる数学的知見等を整理する必要がある。</p>

中間報告(平成 24 年 8 月)	新たに報告書に盛り込むべき内容	新たに盛り込む内容の背景
	<p>なデータから有益な情報を抽出することが可能となる。この結果、将来の変化の正確な予測や効果的な対処法の提示等に貢献することが期待できる。</p> <p>(3) 数学の力を発揮させるプロセス</p> <p>① ニーズ（諸科学や産業界における課題）の発掘が必要</p> <p>② 現実世界の問題を数学の問題に落とし込むこと（例えば、現象のモデリング、解きやすく定式化すること等）が必要</p> <p>③ この数学の問題を解いた結果が現実世界の問題解決に貢献しているか検証。必要があれば②に戻って検討を重ねる。</p> <p>上記①～③には数学の様々な専門分野の研究者の参画が不可欠である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 例えば、データ駆動型のモデリングと原理を抽出するモデリングの双方が強みを活かしながら協力することが必要。 <具体例> : ・ 伝統的な応用数学(数理解析、最適化、逆問題、統計など)だけでなく、あまり応用されてこなかった数学の応用も必要。 <具体例> : ・ さらにニーズに応え、新しく数学を作ることが必 	<p>○数学の力を発揮させるプロセスを、 ①課題発掘、②数学の問題への変換、 ③検証、と整理。</p> <p>○データ駆動型の研究も含め、数学の様々な専門分野の研究者の参画や協力が必要であるため、その旨を具体例を挙げて記載。</p>

中間報告(平成 24 年 8 月)	新たに報告書に盛り込むべき内容	新たに盛り込む内容の背景
<p>(2) 数学イノベーションにより解決が期待される課題</p> <p>(3) 大規模で多様なデータや複雑な現象の解明に向けた数学の重要性</p>	<p>要。</p> <p><具体例> :</p> <p>(4) 数学イノベーションにより解決が期待される課題</p> <p>数学イノベーションによりどのような課題の解決が期待できるかについては、これまでの数学と諸科学・産業との連携ワークショップ等の結果から、競争的資金の取得、知的財産の取得、論文の掲載等で進展が見られるものとして、以下のようなものがある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● <u>雲微物理学における数理解的手法の応用</u> 気象学、物理学、情報学等との連携により、雲粒子や降水粒子の形成に関する数理解モデルを構築することで地球環境変動の長期的な予測に向けた展開しつつある。 ● <u>乱流の数理解析</u> 工学、環境科学、情報学等との連携により車、造船、航空産業等で活用される流体力学に対し幾何学的観点からの定式化を行い、大規模数値解析をすることにより、新たな展開が進みつつある。 ● <u>画像解析、構造解析に対する数理解的手法の応用</u> 生命科学、工学等との連携により、CT や MRI をはじめとする医療用画像解析、タンパク質の構造 	<p>○「数学と諸科学・産業との連携により何が得られるのか？」を国民に分かりやすく示す必要がある。</p> <p>○本委員会においては、これまでの諸科学・産業との連携ワークショップ等の結果や委員の提案等を踏まえ、諸科学・産業との連携研究において今後重点的に取り組むべき課題について審議したが、課題の優先度や具体的な研究の進め方等の議論までは十分できなかった。</p> <p>○このため、本報告書では、今後重点的に取り組むべき課題を例示として記載し、関連機関や学協会での今後の議論の深まりへの期待を記載した。</p>

中間報告(平成 24 年 8 月)	新たに報告書に盛り込むべき内容	新たに盛り込む内容の背景
	<p>解析に数理的手法である応用トポロジーを応用することで、新たな展開が進みつつある。 (他の例は精査中)</p> <p>また、どのような社会的課題を数学の活用により解決できるかについて、社会的課題からのアプローチや数学的手法からのアプローチに基づき、以下のような課題について検討してきた。今後は、課題の優先度や具体的な研究の進め方等について関係する機関や学協会での議論が深められ、研究テーマにつながることを期待される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● <u>人の五感の数理的記述</u> 数学、情報科学、認知科学、知覚科学などが総合的に連携し、脳の情報処理に関する数理モデルを構築することで、人の五感を通じた感じ方、感性の理解を目指す。 これにより、人が心地良く感じるデザインのものづくり・サービスの実現が期待される。 数学では多変量データ解析法、確率論、グラフ・ネットワーク理論、機会学習等の貢献が考えられる。 ● <u>生物、材料等の自己修復ダイナミクスの解明</u> 生命科学、材料科学等と連携し、傷や破壊等の外的変化に対する自発的な破壊箇所の発見と自己 	

中間報告(平成 24 年 8 月)	新たに報告書に盛り込むべき内容	新たに盛り込む内容の背景
	<p>修復のダイナミクスの数理的機構を解明する。 これにより、生物やインフラストラクチャー等の一部が破壊された時の全体への影響を予測・理解することが期待される。</p> <p>数学では、自己組織化パターンダイナミクス、逆問題、ニューラルネットワーク理論、計算トポロジー等の貢献が考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● <u>22 世紀に向けての社会システムデザイン</u> エネルギー科学、環境科学、生命科学等と連携し、個別の課題に対するモデル全体を包括する数理モデルを構築することで、個別の課題が全体に及ぼす影響の理解を目指す。 これにより、個々の問題が地球規模に対してもたらす影響を予測・理解したうえで、社会全体として目指すべき方向性を決めることが期待される。 数学では、モデリング、データ解析に用いられるあらゆる手法の貢献が期待される。 ● <u>材料のスマートデザイン</u> 材料科学、計算科学等と連携し、材料の機能発現の原理を数学的に解明し、スマートな材料設計手法の開発を目指す。 これにより、経験と勘に頼る材料開発の時間・費用の大幅な削減と、より安全で多機能な材料の設計 	

中間報告(平成 24 年 8 月)	新たに報告書に盛り込むべき内容	新たに盛り込む内容の背景
<p>I - 3 数学側において必要な活動</p> <p>(1) 数学側からの主体的な提案型活動</p> <p>(2) 数学における分野間の連携</p> <p>(3) データ駆動型研究の重要性</p> <p>II. 数学イノベーション推進に当たっ</p>	<p>が期待される。</p> <p>数学では、離散的なパターン形成理論、ネットワーク理論、リーマン幾何学、フィンスラー幾何学等の貢献が期待される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● <u>全体最適化の一層の普及</u> (産業の設計・製造・販売等プロセスの最適化、防災・緊急時対応の最適化、農業のIT化等に貢献) ● <u>計算機アルゴリズムの改善</u> (計算の高速化・精度向上に貢献) ● <u>変化の前の「兆し」の検出</u> (病態悪化、感染症伝播、経済・金融変動、気候変動、インフラ老朽化等のリスク顕在化前の効果的対応に貢献) ● <u>ビッグデータからの有益な情報の抽出</u> (データの有効活用に貢献) 	

中間報告(平成 24 年 8 月)	新たに報告書に盛り込むべき内容	新たに盛り込む内容の背景
<p>Ⅱ. 現状認識</p> <p><u>Ⅱ-1 数学へのニーズ発掘に向けた取組の不足</u></p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 数学へのニーズの見えにくさ (2) 数学へのニーズを発掘し、具体的な研究へつなげる必要性 (3) 現状の問題点 <p><u>Ⅱ-2 数学イノベーションに必要な人材の不足</u></p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 数学と諸科学・産業との協働を担う「橋渡し」人材の確保・育成の必要性 (2) 現状の問題点 <p><u>Ⅱ-3 その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 情報の発信、理解の増進 (2) 共同研究における知的財産権にかかわる問題 <p>Ⅲ. 数学イノベーションの推進方策</p> <p><u>Ⅲ-1 数学へのニーズの発掘からイノベーションへつなげるために必要な活動</u></p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 「出会いの場」「議論の場」の設定 		

中間報告(平成 24 年 8 月)	新たに報告書に盛り込むべき内容	新たに盛り込む内容の背景
<p>(2) 数学研究者と諸科学・産業との協働のための研究の推進</p> <p>(3) 諸科学・産業からの相談への対応</p> <p>(4) 情報の関係者間での共有・活用</p> <p>Ⅲ-2 数学イノベーションに必要な人材の育成</p> <p>(1) 数学界における人材育成</p> <p>① 科学・産業との協働への参画を通じた人材の育成</p> <p>② 海外数学研究拠点との研究交流による人材の育成</p>	<p>(4) 情報の関係者間での共有・活用及び外部への発信</p> <p>また、数学イノベーションに関する活動が諸科学分野や産業界から「見える」ようにするため、関連情報を分かりやすい形で外に向けて発信するような仕組みも必要である。</p> <p>② 国際的な交流による人材の育成</p> <p>1) 我が国の若手数学研究者が海外研究者と人的なネットワークを形成し交流の機会を通じて研鑽を積むことが重要である。</p> <p>2) 数学に係る個人、機関レベルでの交流だけでなく、我が国の学協会と学術団体レベルでの連携をしていくことが我が国の数学研究におけるプレゼンスのさらなる向上にも効果的である。</p>	<p>○数学イノベーションの活動は外からは見えづらく、関連情報（ワークショップの開催や明らかになった課題等）も散逸しがちで、これを改善することが必要であるとの委員の意見を踏まえ、報告書に盛り込むこととした。</p> <p>○アジア数学連合結成に向けた国際的な動きもあり、日本の若手研究者をはじめとする数学研究の国際的プレゼンスを高めることも重要であるため、報告書に記載</p>

中間報告(平成 24 年 8 月)	新たに報告書に盛り込むべき内容	新たに盛り込む内容の背景
<p>③ 大学の数学教育研究組織における人材の育成</p> <p>④ 新たなキャリアパスの構築</p>	<p>3) また、アジア地域における数学関係、コミュニティの相互の連携・交流や学術研究や人材育成に向けて我が国では日本数学会等が中心となってアジア諸国の関係数学会と協力してアジア数学連合結成に向けて取り組んでいる。</p> <p>。</p> <p>④新たなキャリアパスの構築</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 学協会の取組 (日本数学会等のキャリアパスセミナーの取組等を踏まえつつ検討) ・ 社会で必要な人材像を明確にした上での取組 近年の高度情報化社会の進展や計測技術の進歩、計算機性能の向上等に伴い、大量で多種・多様なデータ（いわゆるビッグデータ）を社会や様々な学問分野で得られるようになり、ビッグデータを有効に活用することが不可欠となっている。このような時 	<p>○企業へのキャリアパスの構築については、各大学等による取組のほか、以下のような取組が行われている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 日本数学会・日本応用数理学会キャリアパスセミナー（過去3回） <p>○データサイエンティストに必要な知識・スキルの抽出、その育成を目指した以下の取組が行われている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 文科省委託事業「データサイエンティスト育成ネットワークの形成」（統計数理研究所）

中間報告(平成 24 年 8 月)	新たに報告書に盛り込むべき内容	新たに盛り込む内容の背景
<p>⑤ 数学界における諸科学・産業との協働による成果への評価</p> <p>(2) 諸科学・産業における人材の育成</p> <p>① 諸科学における人材の育成</p> <p>② 産業における人材の育成</p> <p><u>Ⅲ－3 その他</u></p> <p>(1) 情報の発信、理解の増進</p> <p>(2) 共同研究における知的財産権に関わる問題への対処方策</p> <p><u>Ⅲ－4 数学イノベーションの実現に向けた必要な体制</u></p> <p>・</p>	<p>代の変化に対応しデータの分析から分析結果のビジネスへの反映までを視野に入れた活動のできる人材が必要となっており、数学的バックグラウンドのある博士課程修了者を活用し育成することが効果的である。</p> <p>○小中高生を含む一般向けの情報発信</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ JST 戦略創造事業数学領域さきがけ研究者が高校生に数学応用事例を紹介する（「数学キャンバン」等） <p>(1) 拠点及び拠点間の協力体制の構築、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 各大学等における拠点の整備（共同利用・共同研究拠点など） ・ 数学協働プログラム <p><u>(2) 今後必要な機能・体制</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「データサイエンティスト育成委員会」（企業情報化協会(IT協会)) これらの活動状況も踏まえ、数学をベースにしつつ社会の変化に対応して活躍できるような人材像を明らかにしつつ、必要な取組を記載。 <p>○中間報告以降に政府や学協会等が行った新たな取組について記載する必要がある。</p> <p>○中間報告以降に政府や学協会等が行った新たな取組について記載する必要がある。</p> <p>○以下の状況も踏まえ以下の論点に</p>

中間報告(平成 24 年 8 月)	新たに報告書に盛り込むべき内容	新たに盛り込む内容の背景
	(検討の結果も踏まえ、記載)	<p>ついて検討が必要。</p> <p><現在の状況></p> <ul style="list-style-type: none"> ○海外の訪問滞在型研究所の取組 ○国内の同様の取組 <ul style="list-style-type: none"> ・ 統数研、京大数理研、九大 IMI ・ 東北大学の訪問滞在型の試行的取組 (知のフォーラム) <p><論点></p> <ul style="list-style-type: none"> ○どのような効果が期待できるか？ <ul style="list-style-type: none"> ・ 若手研究者の育成 ・ 新しい融合的研究分野の創出 ・ 国際的プレゼンス向上、世界の知のネットワークのハブに 等 ○なぜ常駐型研究所ではなく訪問滞在型が有効なのか？ ○なぜ現状の体制(各大学等)ではできないのか？